

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-259490

(43)Date of publication of application : 12.09.2003

(51)Int.Cl. H04R 17/00

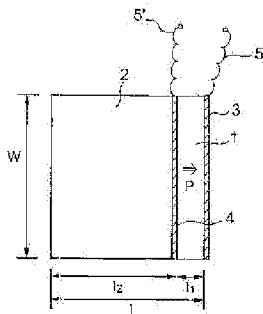
A61B 8/00

G01N 29/24

(21)Application number : 2002- (71)Applicant : SCM KK
052302

(22)Date of filing : 27.02.2002 (72)Inventor : ICHINOSE NOBORU
ENDO YASUTOSHI

(54) ULTRASONIC TRANSDUCER



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ultrasonic transducer at a low cost which can make the generated ultrasonic pulse short, make high power, and enhance distance resolution of various ultrasonic equipment using an ultrasonic

echo method.

SOLUTION: The ultrasonic transducer has a piezoelectric board having uniform piezoelectric properties in the direction of the thickness and a board having an acoustic impedance like the piezoelectric board as the main constitution elements. On one side of the piezoelectric board, an external electrode film is formed, and on the other side a board having an acoustic impedance like the piezoelectric board is jointed through an internal electrode film. Also, when an ultrasonic pulse emitted to an acoustic medium is indicated by a time base waveform, the thickness of the piezoelectric board is adjusted so that a time difference (τ) between an ultrasonic pulse generated from one side of the piezoelectric board and an ultrasonic pulse generated from the other side has a relation of $(1/4)\phi \leq \tau \leq (3/4)\phi$; for one wavelength period (ϕ) of these pulses.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision of
rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the ultrasonic transducer which uses as main components a piezo-electric plate and this piezo-electric plate with piezoelectric [uniform in the thickness direction], and the plate which has the same acoustic impedance. The external electrode layer is formed in one field of this piezo-electric plate, and the piezo-electric plate and the plate which has the same acoustic impedance are joined by the field of another side through the internal electrode film. And when the thickness of this piezo-electric plate shows the ultrasonic pulse emitted into a sound medium by the time amount wave The ultrasonic transducer characterized by being prepared so that the time difference (τ) of the ultrasonic pulse to generate and the ultrasonic pulse generated from the field of another side may be set to $\phi \leq \tau \leq \frac{3}{4}\phi$ from one field of this piezo-electric plate to the time amount (ϕ) for one wave of these pulses.

[Claim 2] The ultrasonic transducer according to claim 1 which is the plate with which the amount of [of the opposite side of the field which a piezo-electric plate and the plate which has the same acoustic impedance join to a piezo-electric plate through an internal electrode] edge surface part is porosity.

[Claim 3] The ultrasonic transducer according to claim 1 or 2 whose piezo-electric plate is a piezo-electric ceramic plate and this piezo-electric plate and whose plate which has the same acoustic impedance are ceramic plates.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ultrasonic transducer which used piezoelectric material. It is related with a high sensitivity ultrasonic transducer about the ultrasonic transducer especially using electrostrictive ceramics by the high resolution used by the ultrasonic echo method. Furthermore, it is related with the ultrasonic transducer which raises especially distance resolution.

[0002]

[Description of the Prior Art] By medical supersonic-wave devices, such as ultrasonic nondestructive inspection devices, such as underwater supersonic-wave devices, such as a fish detector and sonar, a supersonic detector, and an ultrasonic thickness meter, and an ultrasonic diagnostic equipment, an electrical

signal is inputted into an ultrasonic transducer, an ultrasonic pulse is generated, and the ultrasonic echo method for detecting the reflected wave from the part from which the acoustic impedance which is made to spread this ultrasonic pulse in a sound medium, and exists in a medium differed is used widely. The acoustic impedance expresses the ease of carrying out of propagation of the acoustic wave in a medium here, and it has the value of a proper by the medium. Between the media by which acoustic impedances differ, reflection and transparency of an acoustic wave take place on the boundary. For example, if the acoustic impedance between two media is comparable, an acoustic wave is penetrated well and there are very few reflected waves. Conversely, if this difference is large, the reflected wave of a transmitted wave will increase very much few. The above-mentioned ultrasonic echo method used this. And in order for the distance resolution of the various above-mentioned ultrasonic devices to improve, it has been required that the time amount wave of this ultrasonic pulse should be shortened as much as possible, so that the time amount wave of the ultrasonic pulse generated to the ultrasonic transducer used here is short.

[0003] Conventionally, generally as an ultrasonic transducer of this field, what stuck the backing material for absorption of sound (what distributed metal powder in organic adhesives) on one side of a piezo-electric ceramic plate has been used. In the transducer of such structure, if an electrical-potential-difference pulse is impressed in the thickness direction of a piezo-electric ceramic plate, an ultrasonic pulse will occur in two places, the front face and rear face of a piezo-electric ceramic plate, and it will spread bidirectionally, respectively. Therefore, serially, the ultrasonic pulse first generated on the front face is emitted into a medium. Subsequently, the ultrasonic pulse generated with the rear face is emitted into a medium. Then, the part will be reflected in the interface of a piezo-electric ceramic plate and backing material, and the ultrasonic pulse which generated on the front face and was spread in the direction of a rear face will also be emitted into a medium from a front face. The time amount wave of the ultrasonic pulse emitted to a medium from the front face of a piezo-electric

ceramic plate as a result will form a long pulse train. The transducer of structure using the ceramic plate which has an acoustic impedance comparable as a piezo-electric ceramic plate in backing material is proposed in order to control the reflection which takes place on the boundary of a piezo-electric ceramic plate and backing material. Drawing 5 is drawing showing the structure of this ultrasonic transducer, the ceramic plate 2 of this presentation by which polarization is not carry out to one side of the piezo-electric ceramic plate 1 by which polarization was carried out, or a similar presentation is stick in the thickness direction in which the metal electrode film (electrode) 6 was formed to both sides, using adhesives (adhesives layer 8) through an electrode layer, and the backing material 7 for absorption of sound which consists of mixture of Araldite and tungsten powder is further form behind that. Drawing 6 shows the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted to underwater [which is a sound medium] from the front face of the piezo-electric ceramic plate 1, when the above-mentioned transducer is driven by the electrical-potential-difference pulse. The emitted ultrasonic pulse forms the long pulse train, and is understood that the reflex inhibition of the ultrasonic pulse in the boundary of the piezo-electric ceramic plate 1 and the ceramic plate 2 is imperfect.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Two causes in which the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted to the sound medium from the transducer of the above-mentioned structure forms a long pulse train exist. The ceramic plate 2 of this presentation by which polarization of one of them is not carried out to the piezo-electric ceramic plate 1 which constitutes a transducer, or a similar presentation is because these ceramics is joined using the adhesives of a sharply different organic system of an acoustic impedance. That is, it is because the supersonic wave generated with the piezo-electric ceramic plate is reflected in an adhesives layer. Although it is also possible to make thickness of an adhesives layer very thin and to mitigate reflection, it becomes difficult to maintain bond strength practical in this case.

[0005] The second cause is for time difference to arise between two pulses, when the ultrasonic pulse generated on the front face of a piezo-electric ceramic plate and the ultrasonic pulse generated with the rear face are emitted to a sound medium. This invention offers an ultrasonic transducer with high distance resolution by solving the problem which a supersonic wave reflects by the joint with the ceramic plate 2 in which the piezo-electric ceramic plate 1 and piezoelectric are not shown, and shortening the time difference at the time of two ultrasonic pulses further generated separately with the front face and rear face of a piezo-electric ceramic plate being emitted to a sound medium.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention is an ultrasonic transducer which uses as main components a piezo-electric plate and this piezo-electric plate with piezoelectric [uniform in the thickness direction], and the plate which has the same acoustic impedance. The external electrode layer is formed in one field of this piezo-electric plate, and the piezo-electric plate and the plate which has the same acoustic impedance are joined by the field of another side through the internal electrode film. And when the thickness of this piezo-electric plate displays the ultrasonic pulse emitted into a sound medium by the time amount wave So that the time difference (τ) of the ultrasonic pulse to generate and the ultrasonic pulse generated from the field of another side may be set to $\phi \leq \tau$ ($1/4 \leq 3/4$) ϕ from one field of this piezo-electric plate to the time amount (ϕ) for one wave of these pulses Let the ultrasonic transducer characterized by being prepared be a summary. In addition, it is the acoustic velocity v and board thickness l in τ and a piezo-electric plate here. In between, it is following the (1) type $\tau = l/v$. Since the relation of (1) is materialized and v is decided by the presentation of electrostrictive ceramics, τ is proportional to the board thickness, if the piezoelectric material to be used is decided. Moreover, ϕ is called for about each piezoelectric material by measurement of a time amount wave of an ultrasonic pulse. Moreover, this invention makes a summary the ultrasonic transducer which is the plate with which the amount of [of the opposite

side of the field which a piezo-electric plate and the plate which has the same acoustic impedance join to a piezo-electric plate through an internal electrode] edge surface part is porosity in said invention.

[0007] Moreover, this invention makes a summary the ultrasonic transducer whose piezo-electric plate is a piezo-electric ceramic plate and this piezo-electric plate and whose plate which has the same acoustic impedance are also ceramic plates in said invention.

[0008]

[Embodiment of the Invention] The ultrasonic transducer of this invention is explained concretely below. As an ingredient of a piezo-electric plate, any are sufficient as a composite material organic [of an inorganic system / the single crystal, the ceramics, the organic system polymeric materials or organic], and inorganic etc. Moreover, although any are sufficient as a composite material organic [of an inorganic system / the single crystal the ceramics, the organic system polymeric materials or organic], and inorganic etc. as the ingredient, what consists of the ingredient, this presentation, or a similar presentation of a piezo-electric plate is [that what is necessary is just to resemble extent which does not reflect an ultrasonic pulse substantially although a piezo-electric plate and the plate which has the same acoustic impedance have a desirable thing with the same impedance as a piezo-electric plate] desirable.

[0009] The thing using piezoelectric ceramics as an ingredient of a piezo-electric plate is explained to an example below. Drawing 1 is the sectional side elevation showing the structure of the ultrasonic transducer using the piezoelectric ceramics by this invention. One is a piezo-electric ceramic plate all over drawing, and 2 is the piezo-electric ceramic plate 1 and a ceramic plate which has the same acoustic impedance. And 1 and 2 are joined without adhesives through the thin electrode layer (internal electrode) 4 by extent which does not reflect an ultrasonic pulse. Thereby, both can regard it as a continuum without a joint acoustically. 3 is the metal-electrode film (external electrode) formed in the front face of the piezo-electric ceramic plate 1, and 5 is the electrode lead and terminal

which were taken out from now on. Moreover, 5' is the electrode lead and terminal which were picked out from the internal electrode 4.

[0010] Here, as for this ceramic plate 2, it is desirable that the amount of [of the opposite side of a plane of composition with an internal electrode 4] edge surface part has a vesicular structure. Moreover, although it is not necessary to attach the backing material for absorption of sound to the opposite side of a plane of composition with the internal electrode 4 of the ceramic plate 2 in this invention, this may be used on the occasion of manufacture of a transducer. The manufacture approach of the transducer of this invention accumulates and sticks by pressure what carried out printing spreading of the metal paste to the green sheet and this green sheet of the ceramics used for manufacture of a stacked type ceramic condenser etc., and can manufacture it by the approach of calcinating this. It is manufactured through the process which accumulates the making process of ceramic powder, the process which produces a green sheet from these ceramic powder, the process which prints a metal paste on the front face of a desired green sheet, and these green sheets so that it may become the transducer which has predetermined structure, sticks them by pressure, and makes them a layered product, the process which calcinate the layered product of the obtained green sheet, the process which form an external electrode in a piezo-electric ceramic plate, the process which polarize a piezo-electric ceramic plate. In addition, the piezo-electric ceramic plate 1 is obtained by polarizing, after calcinating the layered product of the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric is shown. The piezo-electric ceramic plate 1 and the ceramic plate 2 which has the same acoustic impedance are obtained by calcinating the layered product which carried out the combination laminating of the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric [of the piezo-electric ceramic plate 1, this presentation, or a similar presentation] is shown, and the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric is not shown suitably. Anyway, it has the same acoustic impedance as the piezo-electric ceramic plate 1. What is

necessary is just to use the green sheet which has many through tubes for the location of arbitration as a green sheet of the part which should be made porosity among the green sheets which form the ceramic plate 2 for making a part of this ceramic plate 2 into porosity. The thing in which a resin bead which produces a cavity after calcinating in a ceramic green sheet to others was made to mix may be used.

[0011] Next, the manufacture approach of the transducer which has the structure of this invention using drawing 2 is described. 11 in drawing is a green sheet which consists of ceramic powder of a presentation in which piezoelectric is shown, and it is the green sheet which consists of ceramic powder of a presentation that 12 is the same as that of 11, or similar, and 15 is a green sheet with which printing spreading of the metal paste 14 which forms an internal electrode on the same green sheet as 12 is carried out. Since a supersonic wave will be reflected with this electrode surface at this time if the electrode thickness after baking is too thick, printing spreading is carried out so that it may become the thickness of extent which does not reflect a supersonic wave. 13 is the green sheet which prepared many small through tubes in the green sheet of 12. These green sheets are accumulated like illustration and stuck by pressure. And this layered product is calcinated and the transducer which has the structure of this invention by printing-applying for example, a metal paste to the end face of the piezo-electric ceramic plate obtained by baking, calcinating it to it, and subsequently forming an external electrode in it is obtained.

[0012] In addition, although an external electrode can be formed by various approaches in addition to this, it can also calcinate and form a metal paste at baking and coincidence of a layered product using the sheet which carried out printing spreading on the green sheet of the ceramic powder in which piezoelectric is shown beforehand. Thus, in the transducer which has the structure of obtained this invention, the direct-current high voltage is impressed between an electrode terminal 5 and 5', and a piezo-electric ceramic plate is polarized. The direction of Polarization P may be a direction contrary to this also

in the direction of illustration. Between an electrode terminal 5 and 5', an ultrasonic pulse impresses an electrical-potential-difference pulse, and is generated. Although an ultrasonic pulse is generated with the front face (field with an external electrode) and rear face (field with an internal electrode) of the piezo-electric ceramic plate 1 and being spread towards both directions, respectively, incidence of the ultrasonic pulse which generates on a front face and is spread towards the interior of a transducer is carried out to the ceramic plate 2 which passes this and has the same acoustic impedance, without being reflected with an internal electrode 4, and it advances toward the end face of the opposite side. And since this ultrasonic pulse repeats dispersion and is extinguished in the hole of a large number which exist near the end face in a ceramic plate, it is not emitted from the front face of a transducer. As shown by the time amount wave of drawing 7, there are what is directly emitted from the front face of the piezo-electric ceramic plate 1 (a), and a thing (b) emitted from a front face after generating with the rear face and spreading the piezo-electric ceramic plate 1 in the ultrasonic pulse emitted into a sound medium from a transducer front face. These have the relation of an opposite phase mutually, and (b) will be emitted into a sound medium with the delay of the time amount τ which passes a piezo-electric ceramic plate from (a). Since the thickness of the piezo-electric ceramic plate 1 is prepared so that this time difference τ may be set to $\phi \leq \tau \leq \frac{3}{4}\phi$ to the time amount ϕ for one wave of an ultrasonic pulse in this invention, As shown in drawing 4, the electronegative section of the pulse of (a) and the electronegative section of the pulse of (b) can be superimposed, the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted into a sound medium from this transducer is formed into a short pulse, and the amplitude also becomes large. Consequently, if this ultrasonic transducer is used, the ultrasonic pulse without the multiple echo in a boundary with the ceramic plate 2 which has the piezo-electric ceramic plate 1 and the same acoustic impedance as this formed into the short pulse will be acquired, and high sensitivity-ization will also be realized by coincidence.

[0013]

[Example] In the ingredient in which <preliminary experiment> piezoelectric is shown, it is $0.5\text{Pb}(\text{nickel}^{1/3}\text{Nb}^{2/3})\text{O}_3$ and $0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$. The ceramic powder which consists of a presentation was used. The acrylic resin 5 weight section and the organic solvent 20 weight section which used the terpineol as the principal component were mixed to this ceramic powder 100 weight section, the ceramic slurry was obtained, and it dried after casting this on a PET film, and considered as the ceramic green sheet. The platinum paste which turns into a metal paste for internal electrode ingredients from the organic solvent which used platinum powder, cellulose system resin, and a terpineol as the principal component was used, and printing spreading was carried out on the ceramic green sheet of the same presentation as the above so that the electrode thickness after baking might be set to 5 micrometers. As shown in drawing 2, after putting and sticking these green sheets by pressure, at the temperature of 1100 degrees C, it applied for 2 hours, and calcinated, and the baking object was acquired. This baking object was processed into thickness $l_1+l_2=10\text{mm}$ and an about [cross-section $w \times w=15\text{mm} \times 15\text{mm}$] dimension. The thickness l_1 of a piezo-electric ceramic plate set thickness of 2.0 mm and the ceramic plate l_2 to 8.0mm here. The inner porosity ceramic section occupies the thickness of about 3 mm.

[0014] As shown in drawing 1 after an appropriate time, the silver paste which consists of an organic solvent which uses glass powder, cellulose system resin, and a terpineol as a principal component was applied to the front face of the piezo-electric ceramic plate 1 as an external electrode 3 in the end of silver dust, and at the temperature of 650 degrees C, it held for 10 minutes and was able to be burned. And 2kV [/mm] direct-current electric field were impressed for 10 minutes between the electrode lead terminal 5 and 5', and the piezo-electric ceramic plate 1 was polarized. Impress the letter electrical-potential-difference pulse of a spike of 20V, it was made to generate between the electrode lead terminal 5 and 5', and the ultrasonic pulse emitted this underwater. And the

ultrasonic pulse emitted underwater was detected by the hydrophone.

[0015] The measurement result of a time amount wave of the ultrasonic pulse underwater emitted from this transducer is shown in drawing 3 . An axis of ordinate is the output voltage of a hydrophone, and this is an amount proportional to the amplitude of an ultrasonic pulse. At this time, the time difference τ with the ultrasonic pulse (b) underwater emitted after generating with the ultrasonic pulse (a) and rear face which were emitted to direct underwater from the front face of the piezo-electric ceramic plate 1 and spreading a piezo-electric ceramic plate is $\tau = 0.51$. It was μs . And acoustic velocity in the electrostrictive ceramics used from the aforementioned (1) formula here $v = 3950 \text{ m/s}$ It is calculated. Moreover, the time amount ϕ for one wave of the ultrasonic pulse generated from drawing 3 to this piezo-electric ceramic plate 1 was 0.34 microseconds.

$v = 3950 \text{ m/s}$ is used for $\phi = 0.34$ microseconds from the result of preliminary experiment 1 so that the example 1 time difference τ may be set to $\tau = (2/4) \phi$, and it is the thickness l_1 of a piezo-electric ceramic plate. It will be set to $l_1 = 0.67 \text{ mm}$ if it computes. Then, thickness l_1 of a piezo-electric ceramic plate The ultrasonic transducer was produced by the same approach as preliminary experiment except preparing so that it may be set to 0.67mm. From this ultrasonic transducer, the time amount wave of the ultrasonic pulse when emitting an ultrasonic pulse underwater was shown in drawing 4 . It is completely superimposed on the electronegative section of two ultrasonic pulses so that clearly from drawing, and the magnitude of an electronegative pulse has doubled [about] at the same time the time amount width of face of a pulse is shortened.

[0016]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the ultrasonic transducer obtained by this invention can offer the ultrasonic transducer which can improve the formation of a short pulse, and the distance resolution of the various ultrasonic devices which could carry out a high increase in power and used the ultrasonic echo method for this reason for the ultrasonic pulse to generate by low cost.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the side cross-section explanatory view of the ultrasonic transducer of this invention.

[Drawing 2] It is the explanatory view having shown the manufacture approach by the green sheet of the ultrasonic transducer of this invention.

[Drawing 3] It is a graph showing the time amount wave of the ultrasonic pulse underwater emitted from the ultrasonic transducer which set board thickness of a piezo-electric ceramic plate to 2.0mm.

[Drawing 4] It is 0.67mm about the board thickness of an electrostrictive ceramics plate. It is a graph showing the time amount wave of the ultrasonic pulse underwater emitted from the ultrasonic transducer of this invention carried out.

[Drawing 5] It is the side cross-section explanatory view showing an example of the structure of the conventional ultrasonic transducer.

[Drawing 6] It is a graph showing the time amount wave of the ultrasonic pulse emitted from the ultrasonic transducer which has the structure of drawing 5 .

[Drawing 7] When the board thickness of a piezo-electric ceramic plate is thicker than this invention, it is a graph showing the time amount wave of the ultrasonic

pulse emitted from the ultrasonic transducer.

[Description of Notations]

(a) The time amount wave of the ultrasonic pulse directly emitted to the sound medium from the side front principal plane

(b) The time amount wave of the ultrasonic pulse emitted into the sound medium from the side front principal plane after generating in the background principal plane and spreading a piezo-electric ceramic plate

l1 Thickness of the piezo-electric ceramic plate after baking

l2 Thickness of the ceramic plate after baking (it does not polarize)

w Width of face of the ultrasonic transducer after baking

P The direction of polarization

1 Piezo-electric Ceramic Plate

2 Ceramic Plate in which Value of the Same Acoustic Impedance as Piezo-electric Ceramic Plate 1 is Shown

3 External Electrode

4 Internal Electrode

5 5' Electrode lead terminal

6 Backing Material

7 Adhesives Layer

11 Green Sheet of Piezoelectric Ceramics

12 The Same as that of 11, or Green Sheet of Ceramics of Similar Presentation

13 Green Sheet of Ceramics of the Same Presentation as 12 Which Prepared Many through Tubes

14 Metal Paste Printed on Green Sheet of Ceramics

15 Green Sheet of Ceramics of the Same Presentation as 12 Which Printed Metal Paste

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

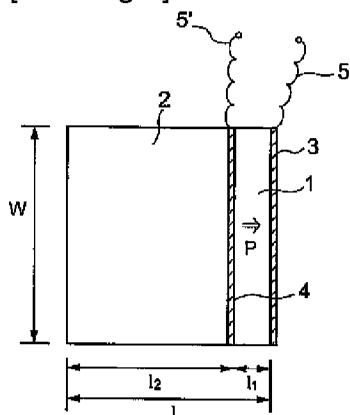
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

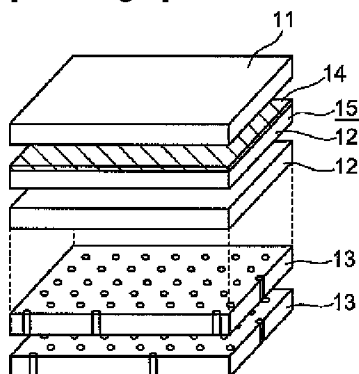
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

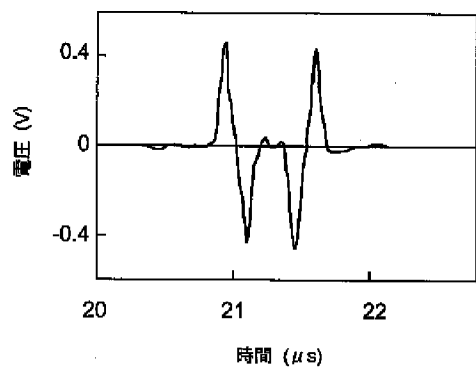
[Drawing 1]



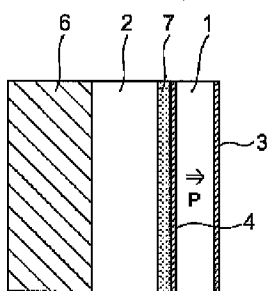
[Drawing 2]



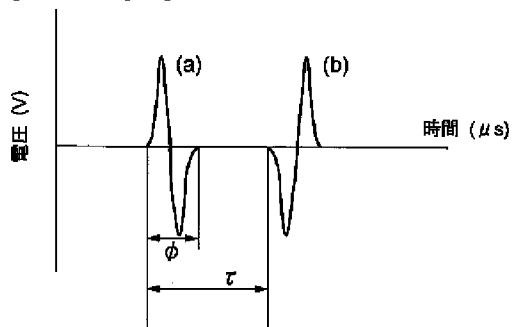
[Drawing 3]



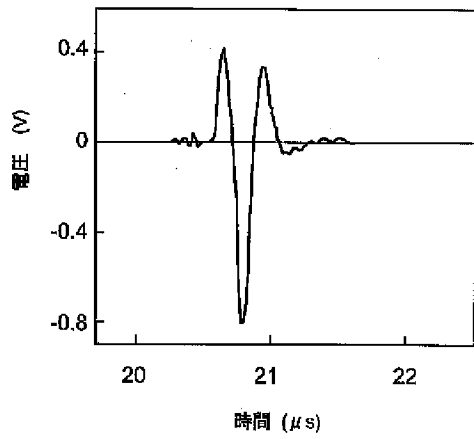
[Drawing 5]



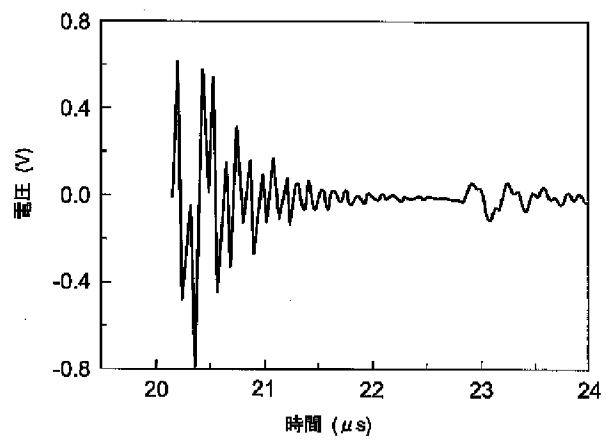
[Drawing 7]



[Drawing 4]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-259490
(P2003-259490A)

(43)公開日 平成15年9月12日(2003.9.12)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 4 R 17/00	3 3 0	H 0 4 R 17/00	3 3 0 C 2 G 0 4 7 3 3 0 H 4 C 3 0 1
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1
G 0 1 N 29/24		G 0 1 N 29/24	5 D 0 1 9

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-52302(P2002-52302)

(22)出願日 平成14年2月27日(2002.2.27)

(71)出願人 598026530

エスシーエム株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72)発明者 一ノ瀬 昇

神奈川県横浜市金沢区東朝比奈1-34-12

(72)発明者 遠藤 安俊

東京都羽村市羽加美1-26-5

(74)代理人 100070600

弁理士 横倉 康男

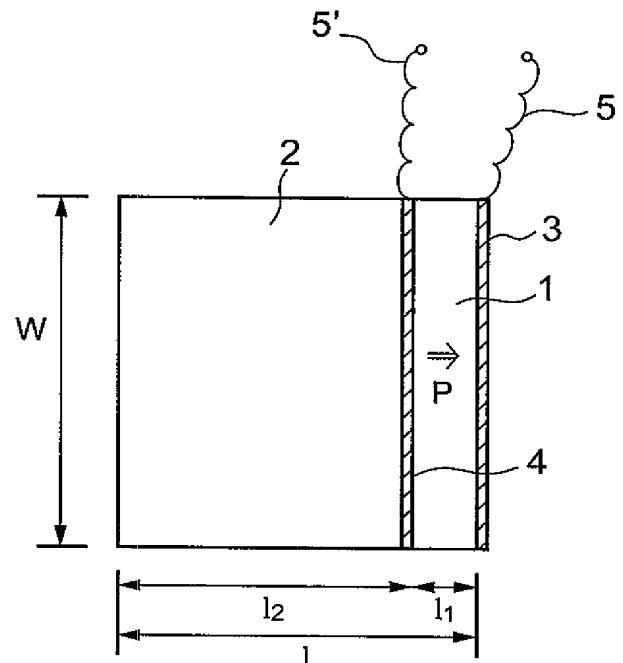
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超音波トランスデューサ

(57)【要約】

【課題】 発生する超音波パルスを短パルス化、高出力化でき、超音波エコー法を利用した各種超音波機器の距離分解能を高めることが可能な超音波トランスデューサを低価格で提供する。

【解決手段】 厚さ方向に一樣な圧電性を有した圧電板と該圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面には内部電極膜を介して圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板が接合されており、かつ該圧電板の厚みが、音響媒体中に放射される超音波パルスを時間波形で示した時に、該圧電板の一方の面から発生する超音波パルスと他方の面から発生する超音波パルスの時間差(τ)がこれらパルスの1波長分の時間(ϕ)に対して $(1/4)\phi \leq \tau \leq (3/4)\phi$ となるように調製されていることを特徴とする超音波トランスデューサ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 厚さ方向に一樣な圧電性を有した圧電板と該圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面には内部電極膜を介して圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板が接合されており、かつ該圧電板の厚みが、音響媒体中に放射される超音波パルスを時間波形で示した時に、該圧電板の一方の面から発生する超音波パルスと他方の面から発生する超音波パルスの時間差（ τ ）がこれらパルスの1波長分の時間（ ϕ ）に対して $(1/4)\phi \leq \tau \leq (3/4)\phi$ となるように調製されていることを特徴とする超音波トランスデューサ。

【請求項2】 圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板が、内部電極を介して圧電板と接合する面の反対側の端面部分が多孔質となっている板である請求項1に記載の超音波トランスデューサ。

【請求項3】 圧電板が圧電セラミック板であり、該圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板がセラミック板である請求項1または請求項2に記載の超音波トランスデューサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は圧電材料を用いた超音波トランスデューサに関する。特に圧電セラミックスを用いた超音波トランスデューサに関し、超音波エコー法で用いられる高分解能で高感度な超音波トランスデューサに関する。更に、特に距離分解能を向上させる超音波トランスデューサに関する。

【0002】

【従来の技術】 魚群探知機やソナーなどの水中超音波機器、超音波探傷機や超音波厚さ計などの超音波非破壊検査機器および超音波診断装置などの医用超音波機器などでは、超音波トランスデューサに電気信号を入力して超音波パルスを発生させ、この超音波パルスを音響媒体中に伝播させて媒体中に存在する音響インピーダンスの異なった部分からの反射波を検出する超音波エコー法が広く用いられている。ここで音響インピーダンスとは、媒体中における音波の伝播のしやすさを表しており、媒体により固有の値を持つ。音響インピーダンスが異なる媒体間では、その境界で音波の反射と透過が起こる。例えば、2つの媒体間の音響インピーダンスが同程度であれば音波は良く透過し、反射波は非常に少ない。逆にこの差が大きいと透過波は少なく反射波が非常に多くなる。これを利用したのが前述の超音波エコー法である。そしてここに使用される超音波トランスデューサに対しては、発生する超音波パルスの時間波形が短いほど上記の各種超音波機器の距離分解能は向上するため、この超音波パルスの時間波形を可能な限り短くすることが要求されてきている。

【0003】 従来、この分野の超音波トランスデューサとしては、圧電セラミック板の片面に吸音用のバックング材（有機接着剤中に金属粉末を分散させたものなど）を貼り合せたものなどが一般的に使用されてきた。この様な構造のトランスデューサでは圧電セラミック板の厚さ方向に電圧パルスを印加すると圧電セラミック板の表面と裏面の二ヶ所で超音波パルスが発生し、夫々双方向に伝播する。従って時系列的には、まず表面で発生した超音波パルスが媒体中に放射される。次いで裏面で発生した超音波パルスが媒体中へ放射される。その後、表面で発生し裏面方向に伝播した超音波パルスも、圧電セラミック板とバックング材との境界面でその一部が反射され、表面から媒体中へ放射されることになる。その結果圧電セラミック板の表面から媒体に放射される超音波パルスの時間波形は長いパルス列を形成することになる。圧電セラミック板とバックング材との境界で起こる反射を抑制する目的で、バックング材に圧電セラミック板と同程度の音響インピーダンスを有するセラミック板を用いた構造のトランスデューサが、提案されている。図5はこの超音波トランスデューサの構造を示す図で、両面に金属電極膜（電極）6を形成した厚さ方向に分極された圧電セラミック板1の片面に分極されていない同組成または類似の組成のセラミック板2が電極膜を介して接着剤（接着剤層8）を用いて貼り付けられ、さらにその後ろにはアラルダイトとタングステン粉末の混合物からなる吸音用のバックング材7が形成されている。図6は上記トランスデューサを電圧パルスで駆動した場合に圧電セラミック板1の表面から音響媒体である水中に放射された超音波パルスの時間波形を示す。放射された超音波パルスは長いパルス列を形成しており、圧電セラミック板1とセラミック板2との境界での超音波パルスの反射抑制が不完全であることが分かる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記の構造のトランスデューサから音響媒体に放射された超音波パルスの時間波形が、長いパルス列を形成する原因は二つ存在する。その一つは、トランスデューサを構成する圧電セラミック板1と分極されていない同組成または類似の組成のセラミック板2とがこれらのセラミックスとは音響インピーダンスの大幅に異なる有機系の接着剤を用いて接合されているためである。即ち、圧電セラミック板で発生した超音波が接着剤層で反射されるためである。接着剤層の厚さを極めて薄くして反射を軽減することも可能ではあるが、この場合には実用的な接着強度を維持することが困難となる。

【0005】 第二の原因は、圧電セラミック板の表面で発生した超音波パルスと裏面で発生した超音波パルスが音響媒体に放射される時、二つのパルス間で時間差が生じるためである。本発明は圧電セラミック板1と圧電性を示さないセラミック板2との接合部で超音波が反射す

る問題を解決し、更に、圧電セラミック板の表面と裏面で別々に発生する二つの超音波パルスが音響媒体に放射される際の時間差を短縮することにより、距離分解能の高い超音波トランスデューサを提供するものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、厚さ方向に一樣な圧電性を有した圧電板と該圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板とを主要構成要素とする超音波トランスデューサであって、該圧電板の一方の面には外部電極膜が形成されており、他方の面には内部電極膜を介して圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板が接合されており、かつ該圧電板の厚みが、音響媒体中に放射される超音波パルスを時間波形で表示した時に、該圧電板の一方の面から発生する超音波パルスと他方の面から発生する超音波パルスの時間差（ τ ）がこれらパルスの1波長分の時間（ ϕ ）に対して（ $1/4$ ） $\phi \leq \tau \leq$ （ $3/4$ ） ϕ となるように調製されていることを特徴とする超音波トランスデューサを要旨とするものである。なおここで、 τ と圧電板中の音速 v 及び板厚 l_1 との間には下記（1）式 $\tau = l_1/v$ （1）の関係が成立し、 v は圧電セラミックスの組成で決まるため、 τ は使用する圧電材料が決まればその板厚に比例する。また、 ϕ は超音波パルスの時間波形の測定により各圧電材料について求められる。また、本発明は、前記発明において、圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板が、内部電極を介して圧電板と接合する面の反対側の端面部分が多孔質となっている板である超音波トランスデューサを要旨とするものである。

【0007】また、本発明は、前記発明において、圧電板が圧電セラミック板であり、該圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板もセラミック板である超音波トランスデューサを要旨とするものである。

【0008】

【発明の実施の形態】以下に本発明の超音波トランスデューサについて具体的に説明する。圧電板の材料としては、無機系の単結晶やセラミックス、有機系高分子材料あるいは有機と無機の複合材料等いずれでも良い。また、圧電板と同様な音響インピーダンスを有する板は、圧電板と同一のインピーダンスを持つものが望ましいが、超音波パルスを実質的に反射しない程度に近似したものであれば良く、その材料としては無機系の単結晶やセラミックス、有機系高分子材料あるいは有機と無機の複合材料等いずれでも良いが、圧電板の材料と同組成または類似の組成からなるものが望ましい。

【0009】以下圧電板の材料として、圧電性セラミックスを用いたものを例に説明する。図1は、本発明による圧電性セラミックスを用いた超音波トランスデューサの構造を示す側断面図である。図中で1は圧電セラミック板で、2は圧電セラミック板1と同様な音響インピーダンスを有するセラミック板である。そして1と2は超

音波パルスを反射しない程度に薄い電極膜（内部電極）4を介して接着剤無しで接合されている。これにより両者は音響的には継ぎ目のない連続体とみなすことができるものとなる。3は圧電セラミック板1の表面に形成された金属電極膜（外部電極）で、5はこれから取り出された電極リードと端子である。また、5'は内部電極4から取り出された電極リードと端子である。

【0010】ここで、このセラミック板2は、内部電極4との接合面の反対側の端面部分が多孔質構造となっていることが好ましい。また、本発明ではセラミック板2の内部電極4との接合面の反対側に吸音用バックング材を付設する必要はないが、トランスデューサの製造に際してこれを用いても構わない。本発明のトランスデューサの製造方法は、例えば積層セラミックコンデンサなどの製造に用いられている、セラミックスのグリーンシートおよびこのグリーンシートに金属ペーストを印刷塗布したものを積み重ねて圧着し、これを焼成する方法で製造することができる。セラミック粉末の作製工程、これらセラミック粉末からグリーンシートを作製する工程、所望のグリーンシートの表面に金属ペーストを印刷する工程、これらグリーンシートを所定の構造を有するトランスデューサとなるよう積み重ね、圧着して積層体とする工程、得られたグリーンシートの積層体を焼成する工程、圧電セラミック板に外部電極を形成する工程、圧電セラミック板を分極する工程などを経て製造される。なお、圧電セラミック板1は圧電性を示す組成のセラミック粉末からなるグリーンシートの積層体を焼成した後分極することで得られる。圧電セラミック板1と同様な音響インピーダンスを有するセラミック板2は、例えば、圧電セラミック板1と同組成または類似の組成の圧電性を示す組成のセラミック粉末からなるグリーンシート、圧電性を示さない組成のセラミック粉末からなるグリーンシートを適宜組み合わせ積層した積層体を焼成することで得られる。いずれにしても圧電セラミック板1と同様な音響インピーダンスを有するものである。このセラミック板2の一部を多孔質とするにはセラミック板2を形成するグリーンシートのうち多孔質とすべき部分のグリーンシートとして任意の位置に多数の貫通孔を有するグリーンシートを使用すれば良い。他にセラミックグリーンシート中に焼成後に空洞を生じるような樹脂ビーズを混入させたものを使用しても良い。

【0011】次に図2を用いて本発明の構造を有するトランスデューサの製造方法について述べる。図中11は圧電性を示す組成のセラミック粉末からなるグリーンシートであり、12は11と同一または類似の組成のセラミック粉末からなるグリーンシートであり、また15は12と同じグリーンシート上に内部電極を形成する金属ペースト14が印刷塗布されているグリーンシートである。この時、焼成後の電極厚みが厚すぎると超音波をこの電極面で反射してしまうため、超音波を反射しない程

度の厚みとなるように印刷塗布する。13は12のグリーンシートに多数の小さな貫通孔を設けたグリーンシートである。これらのグリーンシートを図示のように積み重ねて圧着する。そしてこの積層体を焼成し、次いで、焼成により得られた圧電セラミック板の端面に、例えば金属ペーストを印刷塗布、焼成して外部電極を形成することで本発明の構造を有するトランスデューサを得る。

【0012】なお、外部電極はその他種々の方法により形成することができるが、予め圧電性を示すセラミック粉末のグリーンシート上に金属ペーストを印刷塗布したシートを用いて、積層体の焼成と同時に焼成して形成することもできる。このようにして得られた本発明の構造を有するトランスデューサでは電極端子5と5'との間に直流高電圧を印加して圧電セラミック板を分極する。分極Pの方向は図示の方向でも、これとは逆の方向であっても良い。超音波パルスは、電極端子5と5'の間に電圧パルスを印加して発生させる。超音波パルスは圧電セラミック板1の表面（外部電極のある面）と裏面（内部電極のある面）で発生し、夫々双方向に向けて伝播するが、表面で発生しトランスデューサの内部に向けて伝播する超音波パルスは内部電極4で反射されることなくこれを通過して同様な音響インピーダンスを有するセラミック板2に入射され、反対側の端面に向かい進行する。そしてこの超音波パルスはセラミック板内の端面付近に存在する多数の空孔で散乱を繰り返して消滅するためトランスデューサの表面から放射されることはない。トランスデューサ表面から音響媒体中へ放射される超音波パルスには、図7の時間波形で示されたように、圧電セラミック板1の表面から直接放射されるもの(a)と、裏面で発生し圧電セラミック板1を伝播した後で表面から放射されるもの(b)とがある。これらは互いに逆位相の関係にあり、また(b)は(a)より圧電セラミック板を通過する時間 τ の遅れをもって音響媒体中に放射されることになる。本発明ではこの時間差 τ が超音波パルスの1波長分の時間 ϕ に対して $(1/4)\phi \leq \tau \leq (3/4)\phi$ となるように圧電セラミック板1の厚みを調整しているため、図4に示されたように(a)のパルスの負性部と(b)のパルスの負性部とを重畳することができ、本トランスデューサから音響媒体中へ放射される超音波パルスの時間波形は短パルス化され、振幅も大きくなる。その結果、この超音波トランスデューサを用いれば圧電セラミック板1およびこれと同様な音響インピーダンスを有するセラミック板2との境界での多重反射のない、短パルス化された超音波パルスが得られ、高感度化も同時に実現される。

【0013】

【実施例】＜予備実験＞圧電性を示す材料には $0.5\text{Pb}(\text{Ni}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3 \cdot 0.5\text{Pb}(\text{Zr}_{0.7}\text{Ti}_{0.3})\text{O}_3$ の組成からなるセラミック粉末を使用した。このセラミック粉末100重量部に対して、アクリル樹脂5重量部、テルピネオール

を主成分とした有機溶剤20重量部とを混合しセラミックスラリーを得て、これをPETフィルム上にキャストした後乾燥してセラミックグリーンシートとした。内部電極材料用金属ペーストには白金粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主成分とした有機溶剤からなる白金ペーストを使用し、焼成後の電極厚みが $5\mu\text{m}$ となるよう上記と同一組成のセラミックグリーンシート上に印刷塗布した。これらグリーンシートを図2に示すように積み重ね圧着したのち、 1100°C の温度で2時間かけ焼成し、焼成体を得た。この焼成体を厚さ $l_1+l_2=10\text{mm}$ 、断面 $w \times w=15\text{mm} \times 15\text{mm}$ 程度の寸法に加工した。ここで圧電セラミック板の厚さ l_1 は 2.0mm 、セラミック板 l_2 の厚さは 8.0mm とした。その内多孔質セラミック部は約 3mm の厚さを占めている。

【0014】しかる後、図1に示すように圧電セラミック板1の表面に外部電極3として銀粉末、ガラス粉末、セルロース系樹脂、テルピネオールを主成分とする有機溶剤からなる銀ペーストを塗布して 650°C の温度で10分間保持し焼き付けた。そして電極リード端子5、5'の間に 2KV/mm の直流電界を10分間印加して圧電セラミック板1を分極した。超音波パルスは電極リード端子5、5'の間に 20V のスパイク状電圧パルスを印加して発生させ、これを水中に放射した。そして水中に放射された超音波パルスをハイドロフォンで検出した。

【0015】図3にはこのトランスデューサから水中に放射された超音波パルスの時間波形の測定結果を示す。縦軸はハイドロフォンの出力電圧であり、これは超音波パルスの振幅に比例した量である。このとき、圧電セラミック板1の表面から直接水中に放射された超音波パルス(a)と裏面で発生し圧電セラミック板を伝播した後水中に放射された超音波パルス(b)との時間差 τ は $\tau=0.51\mu\text{s}$ であった。そして前記(1)式から、ここで使用した圧電セラミックス中の音速は $v=3950\text{m/s}$ と計算される。また、図3から、この圧電セラミック板1から発生する超音波パルスの1波長分の時間 ϕ は $0.34\mu\text{s}$ であった。

実施例1

時間差 τ が $\tau=(2/4)\phi$ となるよう予備実験1の結果から、 $\phi=0.34\mu\text{s}$ 、 $v=3950\text{m/s}$ を用いて圧電セラミック板の厚さ l_1 を算出すると $l_1=0.67\text{mm}$ となる。そこで、圧電セラミック板の厚み l_1 が 0.67mm となるよう調整する以外は、予備実験と同様な方法で超音波トランスデューサを作製した。この超音波トランスデューサから、水中に超音波パルスを放射した時の超音波パルスの時間波形を図4に示した。図から明らかなように二つの超音波パルスの負性部は完全に重畳されており、パルスの時間幅が短縮されると同時に負性パルスの大きさが約2倍になっている。

【0016】

【発明の効果】以上のように、本発明により得られる超

音波トランスデューサは、発生する超音波パルスを短パルス化、高出力化でき、このため超音波エコー法を利用した各種超音波機器の距離分解能を改善することが可能な超音波トランスデューサを、低コストで提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の超音波トランスデューサの側断面説明図である。

【図2】 本発明の超音波トランスデューサのグリーンシートによる製造方法を示した説明図である。

【図3】 圧電セラミック板の板厚を2.0mmとした超音波トランスデューサから水中に放射された超音波パルスの時間波形を表したグラフである。

【図4】 圧電セラミックス板の板厚を0.67mmとした本発明の超音波トランスデューサから水中に放射された超音波パルスの時間波形を表したグラフである。

【図5】 従来の超音波トランスデューサの構造の一例を示す側断面説明図である。

【図6】 図5の構造を有する超音波トランスデューサから放射された超音波パルスの時間波形を表したグラフである。

【図7】 圧電セラミック板の板厚が本発明より厚い時に超音波トランスデューサから放射された超音波パルスの時間波形を表したグラフである。

【符号の説明】

(a) 表側主面より音響媒体に直接放射された超音波

パルスの時間波形

(b) 裏側主面で発生して圧電セラミック板を伝播した後、表側主面より音響媒体中に放射された超音波パルスの時間波形

l_1 焼成後の圧電セラミック板の厚さ

l_2 焼成後のセラミック板（分極しない）の厚さ

w 焼成後の超音波トランスデューサの幅

P 分極の方向

1 圧電セラミック板

2 圧電セラミック板1と同じ音響インピーダンスの値を示すセラミック板

3 外部電極

4 内部電極

5, 5' 電極リード端子

6 バッキング材

7 接着剤層

11 圧電性セラミックスのグリーンシート

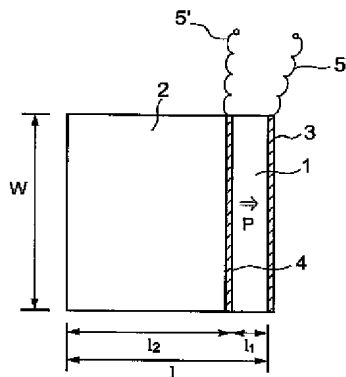
12 11と同一または類似組成のセラミックスのグリーンシート

13 多数の貫通孔を設けた12と同じ組成のセラミックスのグリーンシート

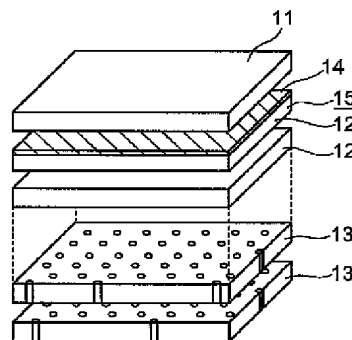
14 セラミックスのグリーンシート上に印刷された金属ペースト

15 金属ペーストを印刷した12と同じ組成のセラミックスのグリーンシート

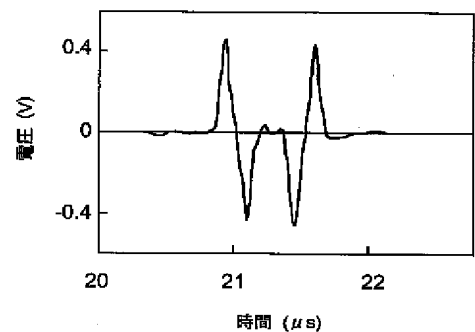
【図1】



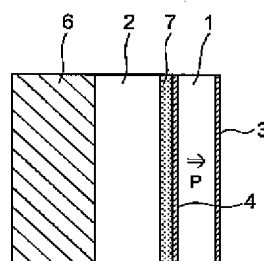
【図2】



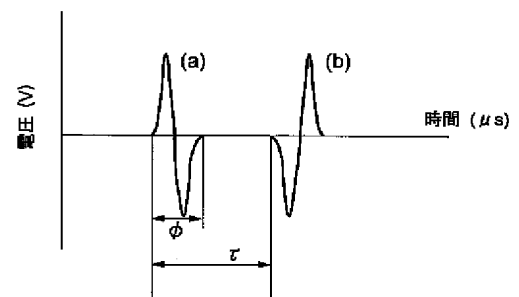
【図3】



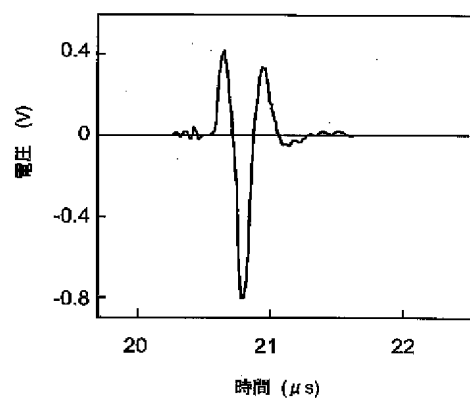
【図5】



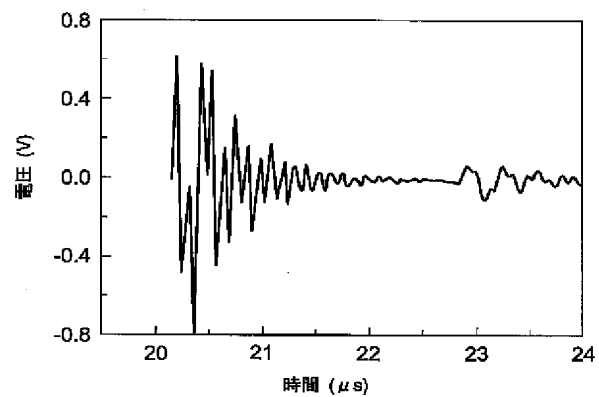
【図7】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 CA01 EA03 GB32
 4C301 EE03 GB33 GB36
 4C601 EE01 GB41 GB42 GB44
 5D019 AA13 BB02 BB14 BB25 FF01
 FF02 FF03 GG02